

Estimación de microorganismos benéficos de la rizósfera y variables de desarrollo de plántulas comerciales de Aguacate Hass.

Yanibi Gutiérrez Cardozo

Código: 1.116.248.722

Universidad Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA

Programa de Agronomía

Cead Palmira

2017

Estimación de microorganismos benéficos de la rizósfera y variables de desarrollo de plántulas comerciales de Aguacate Hass.

Yanibi Gutiérrez Cardozo

Código: 1.116.248.722

Trabajo de grado en la modalidad de “Proyecto Aplicado”

Para optar al título de Agrónoma

Director

Milton Cesar Ararat Orozco

Ingeniero Agrónomo. *PH. D.*

Universidad Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA

Programa de Agronomía

Cead Palmira

2017

Dedicatoria.

Gracias DIOS por poner en mi vida seres tan llenos de comprensión y amor: con todo mi corazón dedicado a mis maravillosos padres Bernardo y Ludith por ser mi fortaleza en todas las diferentes etapas de mi vida, a mi hermano Luis Eduardo por confiar en mí siempre y mi amada hija Manuela Vásquez eres tu mi motor de vida y mi más grande orgullo. Amarlos mas no puedo

Agradecimientos

- A DIOS por darme la vida, la sabiduría y la oportunidad de terminar mis estudios de pregrado.
- A mi director Dr. Milton cesar Ararat. Por su comprensión, confianza y gran apoyo, muy agradecida.
- A mis tutores de la ECAPMA por todos los conocimientos trasmitidos y el cariño que me demostraron, siempre los llevare en el corazón.
- A mi madre Ludith por ser mi apoyo incondicional en todo lo concerniente a mi desarrollo como profesional.
- A toda mi familia y amigos por confiar en mí y estar pendientes de mi culminación académica.
- Al padre de mi hija por el apoyo recibido en mi desarrollo académico.

Tabla de contenido

1. Resumen.....	8
2. Introducción.....	9
3. Justificación.....	10
4. Objetivos.....	11
4.1 Objetivo general.....	11
4.2 Objetivos específicos.....	11
5. Marco teórico.....	12
5.1 Generalidades del cultivo.....	12
5.2 Sustratos para la obtención de plántulas de aguacate.....	13
5.3 Importancia de microorganismos benéficos de la rizósfera (Bacterias fijadoras de N y micorrizas)	14
5.4 Uso de fitohormonas en especies agrícolas.....	19
6. Materiales y métodos.....	21
6.1 Fase de campo.....	21
6.2 Fase de determinaciones biológicas.....	22
6.3 Aislamiento y medición de bacterias fijadoras de nitrógeno.....	22
6.4 Conteo de micorrizas.....	22
6.5 Análisis estadístico.....	22
7. Resultados	23
8. Conclusiones.....	31
9. Recomendación.....	33
10. Bibliografía	34
11. Anexo.....	39

Índice de tablas

Tabla 1. Promedios de macronutrientes foliares de plántulas de Aguacate.....28

Tabla 2. Variables de desarrollo en sustratos con aplicaciones de fitohormonas..... 30

Índice de figuras

Figura 1. Promedios de UFC de bacterias del genero Azotobacter.....	23
Figura 2. Promedios de UFC de bacterias del genero azospirillum.....	24
Figura 3. Promedios de unidades por gramo de suelo de esporas de micorrizas...	25
Figura 4. Promedios de variables de plántulas de Aguacate tratadas con fitohormonas.....	26
Figura 5. Promedios de área foliar en plántulas de Aguacate.....	27

1. Resumen

El proyecto se basa en implementación de tecnologías aplicadas a plántulas de Aguacate y la determinación cuantitativa de microorganismos benéficos de la rizósfera (bacterias fijadoras de nitrógeno y micorrizas), relacionando parámetros fisiológicos de la planta (altura, materia seca, área foliar, longitud de raíz, macronutrientes foliares); se contempla adicionalmente la aplicación de reguladores de crecimiento a nivel foliar para fortalecer el efecto nutricional de la planta, es decir, la dosificación comercial de fitohormonas (Giberelinas y citoquininas).

Palabras claves: Plántulas de Aguacate, microorganismos benéficos, fitohormonas

ABSTRACT

The project is based on the implementation of technologies applied to avocado seedlings and the quantitative determination of beneficial microorganisms of the rhizosphere (nitrogen fixing bacteria and mycorrhizae), relating physiological parameters of the plant (height, dry matter, leaf area, root length, Leaf macronutrients); The application of growth regulators at foliar level to strengthen the nutritional effect of the plant, ie the commercial dosage of Phytohormone (gibberellins and Cytokinin), is also contemplated.

Key Words: Seedlings of avocado, beneficial microorganisms, Phytohormone,

2. Introducción

El proyecto se basa en implementación de tecnologías aplicadas a plántulas de Aguacate y la determinación cuantitativa de microorganismos benéficos de la rizósfera (bacterias fijadoras de nitrógeno y micorrizas), relacionando parámetros fisiológicos de la planta (altura, materia seca, área foliar, longitud de raíz, macronutrientes foliares); se contempla adicionalmente la aplicación de reguladores de crecimiento a nivel foliar para fortalecer el efecto nutricional de la planta, es decir, la dosificación comercial de fitohormonas (Giberelinas y citoquininas).

Los resultados de este trabajo contribuyen al proyecto de investigación número P3-09-2015 titulado “Herramientas biotecnológicas en el manejo ambiental de la rizósfera de plántulas de aguacate”, ejecutado en la Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y de Medio Ambiente de la UNAD.

3. Justificación

En Colombia, en el 2005 la producción de Aguacate Hass se incrementó en un 63%, alcanzando un total de 185.800 toneladas y un área cultivada de 17.084 ha (Velásquez, 2009). Paralelo a esto debe desarrollarse la actividad viverística, la cual soporta las necesidades de material de propagación para siembras nuevas, resiembras y renovaciones normales que se presentan cada año (Ríos *et al*, 2005). La demanda de plántulas de Aguacate variedad Hass es más creciente día a día en Colombia, los viveristas deben garantizar la inocuidad pues la etapa de vivero es fundamental en la cadena productiva de este frutal porque un mal desarrollo radicular ocasiona un aumento considerable en los costos de producción finales.

Las tecnologías aplicadas a plántulas de aguacate relacionan directamente la calidad del sustrato de enraizamiento libre de patógenos y aplicación de hormonas para fortalecer el crecimiento y nutrición de la planta (Ararat 2013). Por tanto, este proyecto aplica a la necesidad de hacer ensayos técnicos para fortalecer el itinerario de técnicas a nivel de vivero

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Establecer valoraciones cuantitativas de microorganismos benéficos de la rizósfera y la disponibilidad de nutrientes foliares de plántulas comerciales de Aguacate variedad Hass en condiciones de vivero

4.2 Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de microorganismos benéficos de la rizósfera: bacterias fijadoras de nitrógeno (N) y micorrizas.
- Estimar parámetros fisiológicos de plántulas de Aguacate: altura, materia seca, área foliar, longitud de raíz, macronutrientes foliares.
- Relacionar el efecto de aplicación fitohormonas foliares sobre las variables fisiológicas de las plántulas y microorganismos benéficos de la rizósfera

5. Marco teórico

5.1 Generalidades del cultivo.

Esta especie, pertenece a la familia de las Lauraceae, la cual es considerada junto a otras como la más primitiva de las dicotiledóneas; está formada por árboles o arbustos y algunas parásitas trepadoras. La familia Lauracea comprende cerca de 40 géneros y alrededor de 1.000 especies distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Avilan *et al.*, 1989). La variedad Hass proviene de una planta de semilla propagada en la Habra Heights, California, USA, en 1992, esta variedad fue patentada en el Segundo Congreso Mundial de Aguacate, donde a un miembro de cada país visitante se le obsequió un replicado genético del árbol original de Hass. Danilo Ríos Castaño fue el receptor del árbol que se encuentra en el huerto básico de Profrutales Ltda y ha originado todos los arboles de la variedad en Colombia a partir de 1993 (Ríos *et al.*, 2005).

El Aguacate (*Persea americana Mill.*) es la cuarta fruta tropical más importante en el mundo. De acuerdo con la FAO, en 2009, se estimó una producción global de 2.6 millones de toneladas (t); El cultivar o variedad Hass es un aguacate predominantemente guatemalteco, pero con algunos genes mexicanos, que surgió a partir de una mutación espontánea de parentales desconocidos y fue seleccionado por Rudolph G. Hass, en La Habra Heights (California), debido a la alta calidad de su pulpa, mayor productividad y una madurez más tardía. Esta variedad corresponde a cerca del 80% de todos los Aguacates que se comen en el mundo (Bernal, J. *et al.*, 2014). Más de 60 países producen aguacate comercialmente; se

destacan México, Chile y Estados Unidos (Instituto Colombiano Agropecuario ICA, 2012).

Para contribuir al aumento de las áreas sembradas en Colombia se debe tener en cuenta la oferta de plántulas de alta calidad; Según el Consejo Nacional del Aguacate, el Programa de Transformación Productiva reporta para el 2013 en Colombia, 5.696 hectáreas de aguacate Hass, distribuidas así: 2.300 localizadas en Antioquia, 2.000 en el Tolima, 780 en el Eje Cafetero, 420 en Cauca, 140 en el Valle del Cauca y 60 en Santander (Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola, 2013).

En el tema de plántulas de óptima calidad, se da importancia a lo citado por Ararat en 2013, en la cual determina que el estudio de la rizósfera y su relación con la nutrición mineral de las plantas puede integrar algunas relaciones entre las propiedades físicas, químicas, biológicas y bioquímicas del suelo, lo mismo que de sustratos que contribuyen a la disponibilidad de nutrientes y a la respuesta a diferentes formas de susceptibilidad o tolerancia del cultivo a enfermedades como es la pudrición de raíces.

5.2 Sustratos para la obtención de plántulas de Aguacate.

La composición y manejo del sustrato de enraizamiento de plántulas o portainjetos de Aguacate, son los principales factores agronómicos para la obtención de material sano para las siembras en campo, los cuales deben garantizar óptimas características tanto en su sistema de raíces como en su parte aérea (Ararat, 2013).

Según Abad *et al* (2004), el término sustrato se aplica en agricultura para definir a todo material sólido distinto del suelo, natural o sintético, mineral u orgánico, que, puesto en un contenedor, en forma pura o en mezcla, que desempeña un papel de soporte fisiológico para la planta; en otros términos, se ha definido también al sustrato, a todo material natural o artificial, que permite el anclaje del sistema radical y también el aporte de elementos nutritivos (Crozon & Neyroud, 1990).

En un sustrato elaborado, el componente orgánico es el que usualmente favorece la retención de agua y de nutrientes, el material mineral, comúnmente otorga peso y solidez para mantener la planta erecta y un adecuado espacio poroso para una buena aireación (Aburto, 2007).

5.3 Importancia de microorganismos benéficos de la rizósfera (Bacterias fijadoras de N y Micorrizas).

La mayor cantidad de microorganismos benéficos del suelo se encuentran en la rizósfera (zona cercana a las raíces), la actividad bioquímica produce unos exudados radiculares los cuales contienen, dependiendo de las especies vegetales entre el 10 y 50% de la energía fijada por fotosíntesis.

Todos los organismos presentes en el suelo respiran y la gran mayoría, los organismos aerobios, liberan CO₂ en el proceso. El total de CO₂ liberado incluye la respiración por toda la flora y fauna del suelo y las raíces. Por tanto, la cantidad de CO₂ liberada es un indicador de la actividad biológica (aerobia) en el suelo. (Ararat 2013).

Bacterias heterótrofas se alimentan del Carbono de la materia orgánica para producción energética y usan rápidamente el N disponible para suplir sus necesidades de crecimiento, convirtiéndolo en un nutriente de difícil disponibilidad para las plantas. Razón por la cual es de vital importancia estimular el crecimiento y actividad de bacterias diazotróficas y con ello promover la obtención de N necesario para el crecimiento de los cultivos.

Importancia de la fijación del nitrógeno: El nitrógeno es muy abundante en la atmosfera terrestre, pero está en una forma poco aprovechable; los organismos difícilmente son capaces de asimilar el nitrógeno molecular porque la unión entre los átomos está formada por un triple enlace muy difícil de romper. La única manera de pasar el N molecular a aprovechable es llevando a cabo una reacción química donde se rompan los tres enlaces y se incorporen átomos de hidrogeno para fabricar amoniaco (NH_3), compuesto que los organismos si son capaces de asimilar metabólicamente obtenido metabólicamente por un proceso conocido como FBN (fijación biológica de nitrógeno)

Hay un selecto grupo de bacterias en el suelo que son capaces de atrapar y aprovechar el nitrógeno atmosférico como nutrimento; son conocidas como las bacterias fijadoras de nitrógeno las cuales poseen una enzima llamada nitrogenasa encargada de provocar la ruptura del triple enlace del N molecular y llegar a la formación del amonio

La reacción de la FBN es: $\text{NITROGENO} + \text{HIDROGENO} + \text{ENERGIA} = \text{AMONIO}$

Existe una relación estrecha C/N y en términos generales si esta relación es mayor de 30, no hay liberación inmediata de nitrógeno aprovechable por lo que existe fijación de las formas nítricas y amoniacaes reduciéndose la disponibilidad del nitrógeno en el suelo, si dicha relación es menor de 20, algo de nitrógeno se desmineraliza quedando utilizable para las plantas (Tisdale 2005).

Bacterias fijadoras de nitrógeno: son muy conocidas, desde hace más de un siglo las bacterias fijadoras de nitrógeno que se desarrollan de forma natural en el suelo. La fijación de nitrógeno es refrenada en presencia de las fuentes que están a disposición de nitrógeno, como los iones de amonio y nitratos. Se divide en dos grandes grupos: las simbióticas que son específicas de las leguminosas como el *Rhizobium*, y las de vida libre, las cuales viven en el suelo y no necesitan la planta para su reproducción, como *Azotobacter* y *azospirillum*, siendo estas las más importantes para la agricultura

Azotobacter: *Azotobacter* es una bacteria que tiene como principal característica la fijación de N presente en la atmosfera; son relativamente grandes (1-2 μm de diámetro), Son generalmente ovals, pero pueden tomar varias formas de barras a esferas. Esta bacteria la podemos encontrar en abundancia en suelos con un alto contenido de materia orgánica, fosfatos y valores de pH cercanos a la neutralidad. El género *Azotobacter* son fijadoras de nitrógeno de vida libre el cual queda accesible para la planta, lo que significa un aporte natural de nitrógeno, solubilizadoras de fosforo desarrollándose una mayor asimilación de este macronutriente y actúan estimulando el crecimiento de las plantas por la producción de sustancias promotoras.

Las bacterias del genero *Azotobacter* son diazòtrofos conocidos por su elevada tasa respiratoria. Aun así, pueden llegar a fijar de 10 a 20 kg N ha⁻¹ asimbióticamente (kader y col., 2002) empleando un mecanismo de protección respiratoria. Además, tienen un gran incremento en el número de cromosomas cuando alcanzan la fase estacionaria, llegando a tener hasta 40 veces más ADN que *E. coli* (punita y col., 1989; col., 1994)

Azospirillum: Azospirillum sp son unas bacterias promotoras de crecimiento de vida libre o simbiótica que habitan en la rizósfera de las plantas; estimulando el crecimiento a través de mecanismos directos o indirectos como la fijación biológica de nitrógeno, síntesis de fitohormonas, producción de medios de transporte de nutrientes, solubilización de nutrientes, control de fitopatógenos del suelo, etcétera. Después de establecerse en la rizósfera, usualmente promueven el crecimiento de la planta hospedante a través de cambios morfológicos de las raíces colonizadas azospirillum incrementando la superficie radicular, que a su vez mejora la absorción de minerales y agua. La razón de estos cambios morfológicos se debe a la producción de la auxina ácido indol-3-acético (AIA) por azospirillum en la fase logarítmica de crecimiento, lo que incrementa la producción de pelos radicales y raíces laterales (Bashan et al. 2014; Rothballer et al, 2005)

Micorrizas: Se le llama micorriza a la simbiosis que se establece entre las raíces de las plantas y ciertos hongos del suelo ocupando una posición ecológica única al encontrarse parcialmente fuera y dentro de la planta a la vez (Bagyaraj, 1984 citado por González - Chávez, 1995). Al haber esta interacción hongo-planta se llega a un mutualismo muy beneficioso para ambos seres vivos, al relacionarse; la planta le provee al hongo proteínas, carbohidratos y lípidos, fundamentales para que se desarrolle como organismo multicelular dando inicio a su ciclo de vida, al mismo tiempo el hongo le ayuda a la planta a mejorar la captación de nutrientes, minerales y agua que se encuentran en el suelo.

Las micorrizas originan cambios en los exudados radicales, los cuales alteran la descomposición por microorganismos en la rizósfera del suelo. La microbiota del suelo puede afectar la formación y función de las micorrizas, así mismo las 22 combinaciones de los agentes de biocontrol y los hongos micorrízicos pueden incrementar el control biológico contra patógenos del suelo (Linderman, 1993).

En Colombia, el uso de las micorrizas en Aguacate ha sido investigado últimamente por algunos autores (Montoya, 2007; Montañez, 2009; Melo, 2011) que indican que la inoculación micorrizal promovió significativamente el crecimiento de plántulas (cultivares Hass; Villagorgona; Santana, Lorena, y Común, respectivamente).

El estudio de la micorrización en Aguacate y su aplicación como un componente biotecnológico en la producción de esta especie frutal, representa un tema de interés poco estudiado en Colombia, ya que a pesar de que este producto es considerado como rubro importante de grandes oportunidades comerciales, según los acuerdos de integración, los nuevos tratados comerciales y el comercio mundial globalizado (Velásquez, 2009) aún hace falta conocimiento acerca de su manejo agronómico.

En algunos frutales como el Aguacate, la inoculación con HMA ha sido utilizada con éxito en plántulas ya sea obtenida por semilla o vía cultivo de tejidos donde se pone de manifiesto su mayor efecto. Las principales especies en las cuales se ha evaluado esta tecnología son; papaya, guanábana, chirimoya, café, mango, limón y otros (Gómez-Cruz, 1995).

Sánchez *et al.*, 2003 mencionan que los hongos formadores de micorriza arbuscular constituyen el componente principal de las comunidades microbianas rizosféricas. Dichos microorganismos establecen una relación simbiótica con la planta siendo de gran importancia para su desarrollo, nutrición y control biológico de Fitopatógenos porque la raíz es la conexión directa entre la planta y el suelo y el principal medio que tiene la planta para absorber los nutrientes necesarios para su correcto desarrollo. La micorriza como órgano de absorción y translocación de agua y

nutrientes es una de las más sobresalientes adaptaciones de la raíz para desenvolverse adecuadamente en el ambiente edáfico (Guerrero, 1996).

Efectos benéficos de las micorrizas: las micorrizas mejoran la tolerancia y capacidad de establecimiento, de supervivencia dando herramientas para superar las condiciones estresantes; prolonga el sistema radical de las plantas y ello facilita una mayor retención física de partículas del suelo, limitando los efectos dañinos de la erosión causados por diferentes factores, mejora la segregación, adecua la estabilidad estructural, al tener menos deterioro del suelo se podrá garantizar menor pérdida de sedimentos por escorrentía

Más allá de sólo reconocer en las micorrizas su papel en la toma de nutrientes para la planta, las aplicaciones de estos microorganismos se están enfocando en solucionar problemas ambientales (Wang, 2006; Cozzolino, 2010). A partir de la simbiosis se puede beneficiar, en su tasa de crecimiento y sanidad, tanto especies hortícolas como forestales (Pascualini, 2007).

5.4 Uso de fitohormonas en especies agrícolas.

Según Pedrotti y Voltolini (2001), afirman que el efecto de fitohormonas como el AIB (ácido indol-butírico), induce el proceso de rizo génesis como tal, encontrando resultados similares a estos, al observar que esta auxina, afectaba la longitud de la raíz en el enraizamiento de estacas de manzana.

Reguladores de crecimiento vegetal: los reguladores de crecimiento vegetal o fitohormonas, son compuestos reguladores que están directamente involucrados con procesos metabólicos, de bajo peso molecular que actúan a muy bajas concentraciones en sitios distantes de donde son producidos, interviniendo en muchos procesos fisiológicos como el desarrollo de tejidos, crecimiento del tallo y la caída de hojas, entre otros (Purves *et al.*, 2002; Salisbury, 1994)

Giberelinas: De acuerdo al Diccionario de Ciencias Hortícolas, las giberelinas son compuestos de un grupo de hormonas vegetales de naturaleza terpenoide, que se caracteriza por tener un núcleo gibano (Rallo y Fernández (Coord.), 1999). Están presentes en plantas, tanto gimnospermas como angiospermas, en helechos, algas, hongos y bacterias.

Según lo afirmado por (Phillps, 1998) las giberelinas son determinantes en el control de la elongación del tallo, modifican procesos reproductivos de los vegetales y también participan en el control de la inducción floral la cual se ha estudiado en *Arabidopsis thaliana*. Promueven el crecimiento celular porque causan un incremento en la hidrólisis del almidón, sacarosa y fructanos dando origen a moléculas de fructosa y glucosa

Citoquininas: son hormonas vegetales naturales que estimulan la división celular; se encuentra en altas concentraciones en los meristemos y los tejidos en crecimiento hasta donde es traslocado por la xilema desde las raíces, desde donde probablemente es sintetizado por la ruta bioquímica de adenina (Purves *et al.*, 2002; Salisbury, 1994). Las citoquininas estimulan la división celular, promueven la diferenciación celular, mejoran la dominancia apical, interviene en el desarrollo y tamaño del fruto, retrasan la senescencia de las hojas

6. Materiales y Métodos

El proyecto aplicado contempla fase de campo y fase de laboratorio para consolidar información agronómica en la toma de decisiones asociadas al manejo técnico de plántulas de Aguacate:

6.1 Fase de Campo:

En el invernadero de fisiología vegetal de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, teniendo en cuenta el convenio interinstitucional.

Preparación del sustrato convencional de enraizamiento:

Para la respectiva preparación de sustratos, se tendrá en cuenta la disponibilidad de materiales en la zona de estudio (Material mineral: arena fina; Materiales orgánicos: cachaza compostada, cascarilla de arroz) con la siguiente distribución: compost cachaza (25%) + Arena fina (50%) + cascarilla arroz (25%).

Materiales de siembra:

Las semillas y plántulas fueron obtenidas de un vivero comercial del Valle del Cauca, cuya variedad de injerto de Aguacate es Hass y el porta injerto de raza Antillana. Aplicación de fitohormonas de forma foliar y al sustrato con humedad a capacidad de campo al día siguiente del proceso de injerto, con una frecuencia de cada 8 días. La dosis respectiva se realizará de acuerdo a las recomendaciones comerciales:

- **Tratamiento T1:** Sustrato convencional
- **Tratamiento T2:** Sustrato + citoquininas (3 cm³/lt)
- **Tratamiento T3:** Sustrato + Giberelinas (0,2 gr/lt)

6.2 Fase de determinaciones biológicas:

En el Laboratorio Multipropósito del CEAD Palmira se realizará la medición de parámetros fisiológicos de plántulas de Aguacate: materia seca, área foliar, longitud de tallo y raíz. Para macronutrientes en hojas (método de determinación foliar) se solicitará a un laboratorio especializado.

6.3 Aislamiento y medición de bacterias fijadoras de nitrógeno BFN: se realiza un recuento según la metodología de Novo, 1993; se toman muestras de sustrato rizosférico con raíces secundarias en diluciones escalonadas hasta 10^{-6} en tubos con 9 mL de solución salina al 0,80% de NaCl; Luego se inocula 0,1 mL de cada dilución por triplicado, en viales de 5 mL de medio sólido; la incubación se lleva a cabo a una temperatura de 35 °C durante 24 horas.

6.4 Conteo de micorrizas: Para evaluar la colonización de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) en raíces, se empleará la técnica de tinción de raíces de Phillips y Hayman, 1970.

6.5 Análisis estadístico: La información cuantitativa y cualitativa de las distintas variables se someterá a análisis de estadística descriptiva con las figuras respectivas.

7. Resultados

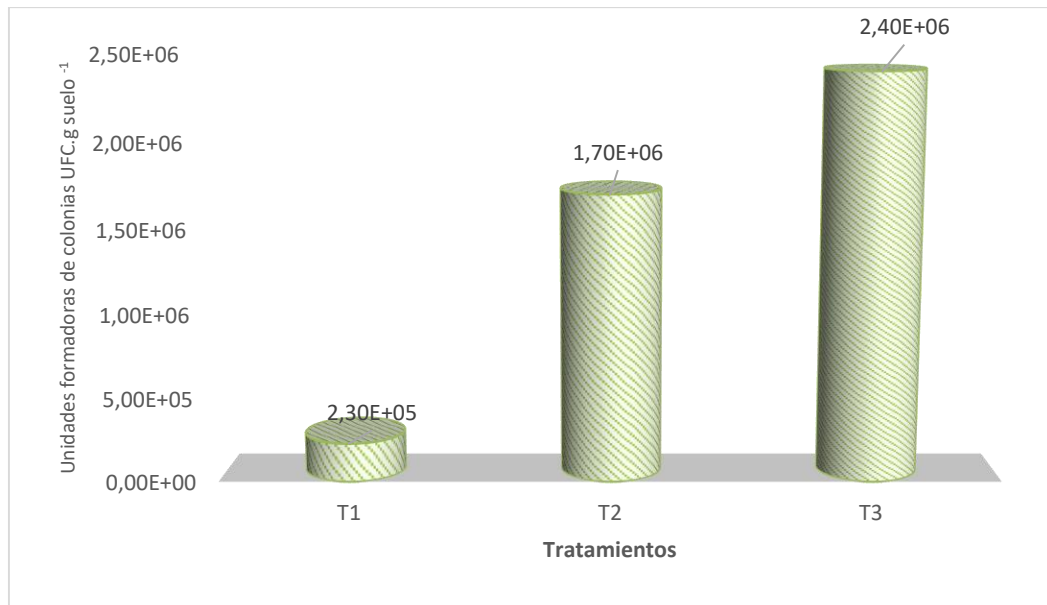


Figura 1. Promedios de UFC de bacterias del genero Azotobacter

Al observar la figura que representa los tres tratamientos se puede interpretar que se encontró mayor presencia de Azotobacter en el T3 el cual fue tratado con giberelinas (hormonas que regulan el crecimiento vegetal) con una marcada diferencia con el T2 y muy por encima T1, las condiciones dadas por el sustrato facilitan la proliferación de Azotobacter por el alto contenido de materia orgánica. La inoculación con Azotobacter tiene éxito cuando se utilizan métodos adecuados. Sin embargo, los organismos no persisten indefinidamente y por lo general desaparecen o disminuyen mucho en tres años en los suelos sin leguminosas. Los principales aportes que estas bacterias me dan a la plántula son la solubilización del P quedando disponible para ser absorbido por el sistema radicular de las plántulas, beneficiando la germinación y el aumento del crecimiento por elongación (Bryan *et al.* 1974)

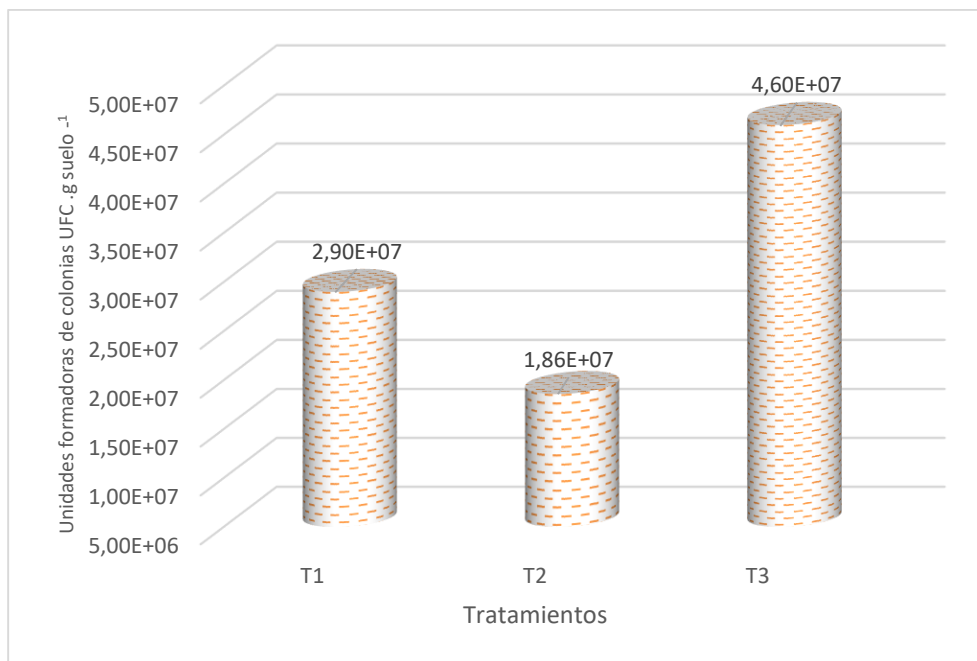


Figura 2. Promedios de UFC de bacterias del genero azospirillum

La figura 2 nos muestra que el T2 es el que menos tiene presencia de azospirillum con una marcada diferencia con el T3 de 2.74×10^7 , se puede inferir que el resultado tan variado es porque la T3 se trató con aplicación foliar de giberelinas (0,2 gr/lit); las bacterias azospirillum son promotoras de crecimiento de vida libre o simbiótica que habitan en la rizósfera de las plantas siendo también productoras de giberelinas, lo que demuestra el alto contenido encontrado en el T3. Muchos de los microorganismos promotores del crecimiento vegetal son reconocidos como productores de giberelinas. Tal es el caso de bacterias de los géneros azospirillum, Pseudomonas, Bacillus, Azotobacter, entre otros; también han reportado algas como productoras de giberelinas (Ergun *et al*, 2002; Hasan, 2002; Janzen *et al*, 1992; Sánchez – Marroquín, 1963; Srivastava y Ahmad, 2003; Unyayar y Unyayar., 1996)

Bacterias promotoras de crecimiento vegetal, han demostrado efectos benéficos por la producción de reguladores del crecimiento vegetal, como las giberelinas y

auxinas, tal es el caso de *azospirillum* so., *Pseudomonas* sp. y *Azotobacter* sp., entre otros géneros reconocidas como bacterias promotoras del crecimiento vegetal (Cassan *et al.*, 2001)

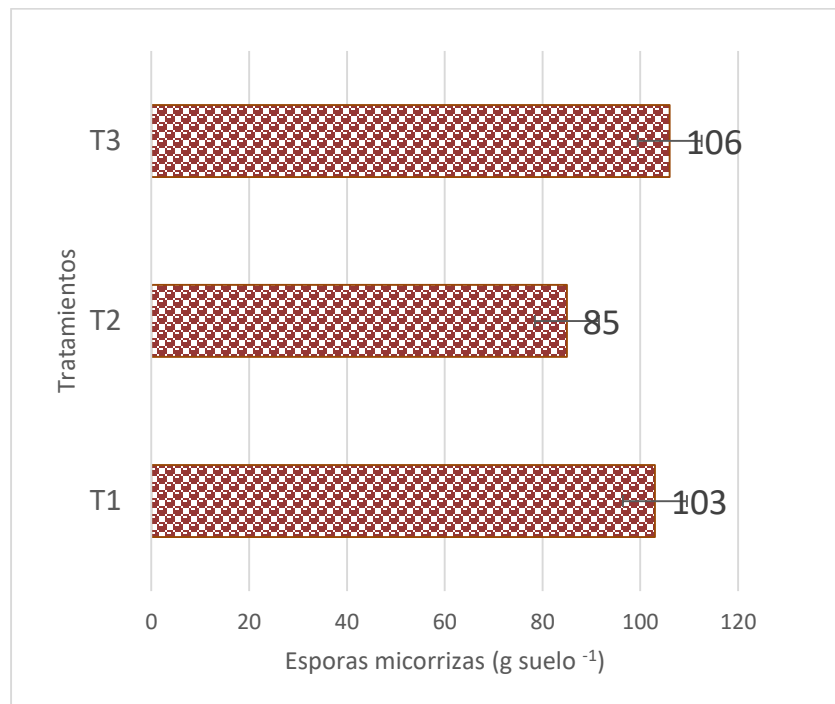


Figura 3. Promedios de unidades por gramo de suelo de esporas de micorrizas

Según los datos observados en la figura 3 el T3 es el que muestra mayor cantidad de esporas micorrízicas por gramo de suelo; podemos presumir que la aplicación foliar de giberelinas (0.2 g/lit) influyó mucho en el resultado; Este aspecto al parecer está relacionado con la capacidad que tienen los hongos micorrízicos para producir hormonas como ácido abscísico, giberelinas, auxinas y citocininas, las cuales en una adecuada relación pueden inducir y acelerar los procesos de división celular y elongación de los tejidos (Allen *et al.*, 1980; 1982; Hetrick, 1991; Olalde, 1997).

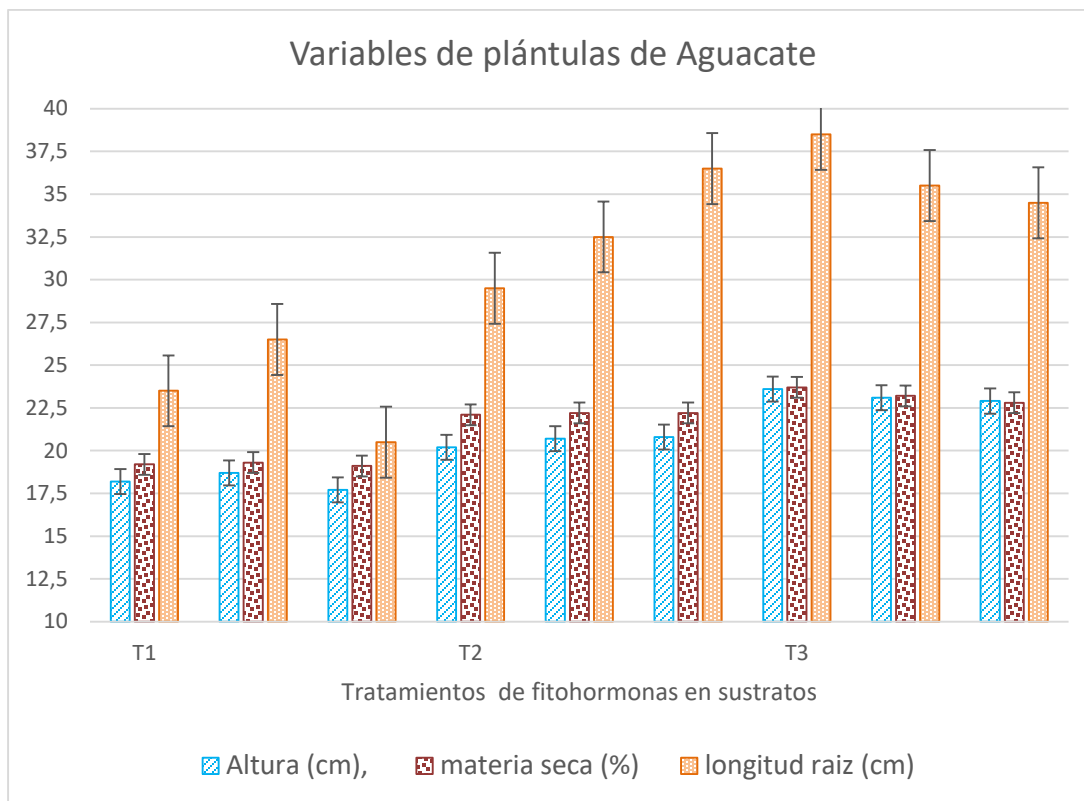


Figura 4. Promedios de variables de plántulas de Aguacate tratadas con fitohormonas

En la figura 4 se observa la misma tendencia de altos valores en parámetros de desarrollo (longitud de raíz, altura y materia seca) para los tratamientos que tuvieron aplicación foliar de fitohormonas, identificando T3 en primer lugar seguido del T2. Este resultado presenta una favorabilidad fisiológica a la planta y es consecuente con lo reportado por Ararat en 2013, en la cual presentó un efecto en variables de desarrollo en plántulas de aguacate Hass con diferencias estadísticas en área foliar, materia seca foliar y contenido hídrico relativo.

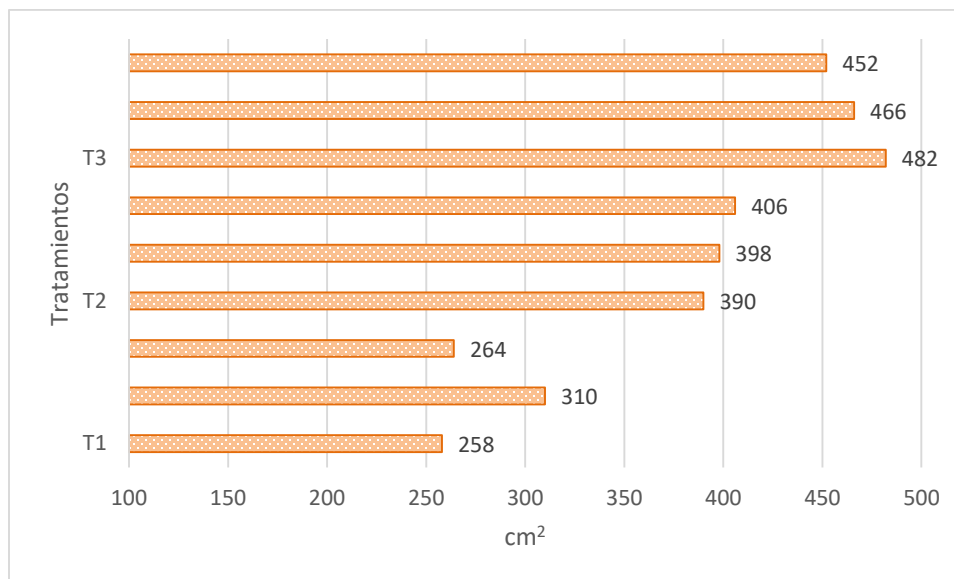


Figura 5. Promedios de área foliar en plántulas de Aguacate

En la figura 5 podemos observar que el T1 es el que evidenció menor área foliar ($<310 \text{ cm}^2$) posiblemente porque no se aplicó reguladores de crecimiento como a los otros dos tratamientos; Por tanto, el T3 el cual ha tenido aplicación foliar de giberelinas es el que ha mostrado los resultados más altos; este efecto es atribuible a que las giberelinas son reguladoras del crecimiento vegetativo como el desarrollo reproductivo de la planta (Azcon & Bieto, 2000).

Análisis de tejido foliar

El análisis foliar (tabla 1) muestra que el nitrógeno está en niveles eficientes en los tratamientos T2 y T3 (sustrato + citoquininas, sustrato + giberelinas) según los valores de referencia de Niveles nutricionales en las hojas de aguacate Chapman, (1973). Bago *et al.* (1996) y Johansen *et al.* (1993) (Citados por Harrison, 1999), afirman que en las asociaciones HMA-planta se presenta la transferencia bidireccional de nutrientes y que, además de recibir carbono, el hongo transfiere fosfatos y otros nutrientes minerales del suelo a la planta, sin embargo, con los datos

que hemos obtenido en esta investigación podemos afirmar que no se evidencia efecto de la inoculación con HMA sobre los niveles de nitrógeno foliar (Menge et al., 1980).

Tabla 1. Promedios de macronutrientes foliares de plántulas de Aguacate. A = Nivel adecuado, D= Deficiencia, E = Exceso (Chapman, 1973).

Elementos Mayores

Tratamiento	N - foliar (%)	P - foliar (%)	K - foliar (%)
T1	1,02 D	0,35 E	0,48 D
	1,04 D	0,38 E	0,5 D
	1,02 D	0,35 E	0,42 D
T2	2,42 E	0,52 E	0,92 A
	2,44 E	0,52 E	0,92 A
	2,78 E	0,58 E	0,92 A
T3	2,82 E	0,68 E	0,98 A
	2,66 E	0,66 E	0,96 A
	2,56 E	0,58 E	0,96 A

El contenido de nitrógeno encontrado en las hojas de las plántulas de Aguacate en esta investigación, nos afirman que los resultados tienen una inferencia directa con la aplicación de fitohormonas porque en los tratamientos T2 y T3 (aplicación foliar de citoquininas y giberelinas respectivamente) el porcentaje de N-foliar es excesivo mientras que para el tratamiento T1 (sustrato convencional) el porcentaje de N-foliar presenta deficiencias; según Vargas *et al*, (2001) son reconocidas como productoras de reguladores de crecimiento las bacterias del genero *Azospirillum* y *Azotobacter* las cuales al penetrar la raíz producen giberelinas, auxinas, citoquininas y fijan nitrógeno, convirtiéndolas en excelentes biofertilizantes

El contenido de fósforo encontrado en las hojas de aguacate comparado con la tabla de Niveles nutricionales en las hojas de Aguacate. Chapman, (1973) citado por Corpoica, 2008 (anexo 1) nos muestra que los tres tratamientos presentan exceso de este macronutriente; presentando mayor porcentaje de P-foliar el T3. Este resultado es atribuible probablemente a la actividad de los HMA asociados a las raíces de Aguacate, tal como lo afirman Malavolta (1985); (Siqueira *et al.*, 2002) dado que las micorrizas al aumentar el área de contacto radicular con el suelo ayudan a que se realice mayor absorción de nutrientes preferentemente aquellos que su movimiento es por difusión como el P.

El contenido de potasio hallado en las hojas de aguacate en el T1 es deficiente; en cambio para los T2 y T3 nos muestra un nivel adecuado según la tabla de Niveles nutricionales en las hojas de aguacate. Chapman, (1973) citado por Corpoica, 2008 (anexo 1), se puede atribuir los altos valores de T2 y T3 a la influencia de citoquininas y giberelinas respectivamente para la toma de este nutriente. Según Azcon & Bieto en (2000) las giberelinas afectan tanto la regulación del crecimiento vegetativo como al desarrollo reproductivo de la planta en la producción, crecimiento, y desarrollo de frutos; para esta condición es indispensable la absorción de K. Otros autores afirman que las respuestas de las giberelinas son determinantes en el control de la elongación del tallo, también modifican sustancialmente los procesos reproductivos de los vegetales, participando en el control de la inducción de la floración la cual se ha estudiado en *arabidopsis thaliana* (phillips, 1998).

Tabla 2. Variables de desarrollo en sustratos con aplicaciones de fitohormonas

Composición sustrato: Compost cachaza (25%) + Arena fina (50%) + cascarilla arroz (25%)					
	Tratamiento	Altura (cm),	Materia seca (%)	área foliar (cm ²)	longitud raíz (cm)
Sustrato convencional	T1	18,2	19,2	258	23,5
		18,7	19,3	310	26,5
		17,7	19,1	264	20,5
Sustrato + citoquininas	T2	20,2	22,1	390	29,5
		20,7	22,2	398	32,5
		20,8	22,2	406	36,5
Sustrato + Giberelinas	T3	23,6	23,7	482	38,5
		23,1	23,2	466	35,5
		22,9	22,8	452	34,5

En la figura 2 se observa que los tratamientos que tuvieron aplicación foliar de fitohormonas muestran tendencia a tener altos valores en los parámetros de desarrollo (altura, materia seca, área foliar, longitud de raíz), el T3 está en primer lugar seguido del T2. Este resultado presenta una favorabilidad fisiológica a la planta y es consecuente con lo reportado por Ararat en 2013, en la cual presentó un efecto en variables de desarrollo en plántulas de aguacate Hass con diferencias estadísticas en área foliar, materia seca foliar y contenido hídrico relativo

8. Conclusiones

- La rizósfera contiene la mayor cantidad de microorganismos benéficos que se encuentran en el suelo, produciendo exudados radiculares los cuales contienen, dependiendo de las especies vegetales entre el 10 y 50% de la energía fijada por fotosíntesis siendo fundamental para el desarrollo de las plantas; entre los microorganismos que se establecen encontramos bacterias fijadoras de nitrógeno como *Azotobacter* las cuales pueden llegar a fijar de 10 a 20 kg N ha⁻¹ asimbióticamente (Kader y col., 2002) y *Azospirillum* que produce la auxina ácido indol-3-acético (AIA) en la fase logarítmica de crecimiento, lo que incrementa la producción de pelos radicales y raíces laterales (Bashan et al. 2014; Rothballer et al, 2005). Estas bacterias son muy importantes para la agricultura por su aporte como solubilizadoras de fósforo, control de fitopatógenos en el suelo, estimulación en el crecimiento de las plantas por la producción de sustancias promotoras, incremento en la producción de pelos radicales y raíces laterales, que a su vez mejora la absorción de minerales y agua siendo capaces de atrapar y aprovechar el nitrógeno atmosférico como nutrimento. Las micorrizas es la simbiosis que se establece entre las raíces de las plantas y ciertos hongos del suelo llegando al mutualismo muy beneficioso para ambos seres vivos, al relacionarse; la planta le provee al hongo proteínas, carbohidratos y lípidos al mismo tiempo el hongo le ayuda a la planta a mejorar la captación de nutrientes, minerales y agua.
- De los tres tratamientos observamos la misma tendencia de altos valores en todas las variables (promedio macronutrientes foliares, área foliar, longitud de raíz, altura y materia seca), para los tratamientos que tuvieron aplicación

foliar de fitohormonas, identificando T3 en primer lugar seguido del T2. Este resultado presenta una favorabilidad fisiológica a la planta cuando se le aplica fitohormonas porque los hongos micorrízicos tienen la capacidad de producir hormonas tales como las citoquininas y giberelinas, las cuales en una adecuada relación pueden inducir y acelerar los procesos de división celular y elongación de los tejidos, muchos de los microorganismos promotores del crecimiento vegetal son reconocidos como productores de giberelinas.

- El uso de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azospirillum* y *Azotobacter*) y fitohormonas (citoquininas y giberelinas) en la producción de plántulas de Aguacate Hass es una muy buena opción para tener mejor producción según los resultados evaluados de los parámetros fisiológicos en plántulas (altura, materia seca, área foliar, longitud de raíz, macronutrientes foliares), atribuible a que las bacterias del género *Azospirillum* y *Azotobacter* son reguladoras de crecimiento las cuales al penetrar la raíz producen giberelinas y citoquininas potenciando los beneficios de las fitohormonas, las condiciones dadas por el sustrato facilitan la proliferación de *Azotobacter* por el alto contenido de materia orgánica; Los principales aportes que estas bacterias me dan a la plántula son la solubilización del P quedando disponible para ser absorbido por el sistema radicular de las plántulas, beneficiando la germinación y el aumento del crecimiento por elongación (Bryan et al. 1974) la capacidad que tienen los hongos micorrízicos para producir hormonas como ácido abscísico, giberelinas, auxinas y citocininas, las cuales en una adecuada relación pueden inducir y acelerar los procesos de división celular y elongación de los tejidos (Allen et al., 1980; 1982; Hetrick, 1991; Olalde, 1997). Se muestra mejoría en la dominancia apical, crecimiento y estimulación de la división celular, participando en el control de la inducción de la floración y fijación nitrógeno, convirtiéndolas en excelentes biofertilizantes

9. Recomendación

En las variables evaluadas mediante la propagación de plántulas de Aguacate Hass se obtuvieron muy buenos resultados con las aplicaciones foliares de fitohormonas junto con la utilización de bacterias fijadoras de nitrógeno; es muy recomendable hacer evaluaciones con otras variables de respuesta o modificar las condiciones tales como el sustrato para posteriormente evaluar resultados y hacer comparaciones con las obtenidas en esta investigación. La relación que se da entre estos organismos rizosféricos al momento de las bacterias penetrar las raíces potencia la adsorción de nutrientes y por ende mejoran el desarrollo de la planta y le da fortaleza para repeler el ataque de patógenos, convirtiéndose en excelentes biofertilizantes.

10. Bibliografía

Abad, M.; Noguera, P. y Carrión, C. (2004). Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: Urrestarazu, G. M. Tratado de cultivo sin suelo. 3a (Ed.). Mundi-Prensa, Madrid. 113-158 pp

Allen, M.F., T.S. Moore y M. Christensen. (1980). Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesiculararbuscular mycorrhizae. I. Cytokinin increases in the host plant. Can. J. Bot. 58: 371-374

Ararat M. (2013). Influencia de la nutrición mineral y la actividad biológica rizosférica en la disminución del daño ocasionado por *Phytophthora cinnamomi* Rands en plántulas de Aguacate (*Persea americana* Mill).

Aburto Guerrero, Felipe Andrés (2007); Evaluación de sustratos obtenidos a partir de la mezcla de un residuo orgánico bioprocesado con materiales comunes para la propagación de Palto. Universidad de Chile

Avilan R., L., F. Leal P. y D. Bautista A. (1989). Manual de Fruticultura. Editorial América, C.A. Caracas, Venezuela. pp. 666-776.

Azcón, C. and Barea, J. M. (1997) Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Scientia Horticulturae* 68 1-24

Azcon & Bieto J., Talón M. (2000). Fundamentos de fisiología vegetal. Editorial McGraw- Hill interamericana. España. pp 522.

Bashan, Y., Holguín, G. (1998) Proposal for the división of plant growth promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol – PGPB (plant growth promoting bacteria) and PGPB. *Soil Biol Biochem* 30, 1225-1228

Bashan Y, Trejo A, de-Bashan LE (2011) Development of two culture media for mass cultivation of *Azospirillum* spp. and for production of inoculants to enhance plant growth. *Biol Fertil Soils* 47:963–96

Bernal, J. (2014). Corpoica. Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el Cultivo de Aguacate

Bryan, L. E., Shahrabadi, M. S., and Van Den Elzen, H. M. (1974). Gentamicin resistance in *Pseudomonas Auruginosa*: R-factor-mediated resistance. *Antimicrob. Agents Chemother.* 6, 191-199.

Cassan F., Bottini R, Schneider G., & Piccoli P. (2001). Azospirillum brasilense and Azospirillum Lipoferum Hydrolyze Conjugates of GA20 and Metabolize The Resultant Aglycones To GA1 in Seedlings of Rice Dwarf Mutants. Plant Physiology. (125) 2053-2058

CAPLIN SM & FC STEWARD. (1948). Effect of coconut milk on the growth of the explants from carrotroot. Science 108: 655-657

Chapman, D. (1973). Diagnostic criteria for plants and soils. Quality Printing Inc. Riverside, california, USA.

Corpoica. (2008). Tecnología para el cultivo de aguacate. Jorge A. Bernal y Cipriano Díaz. Centro de Investigación La Selva Rionegro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 5. 241p.

Crozon, J. & Neyroud, J. (1990). Etude des caractéristiques physiques de quelques substrats en horticultures. Review Suisse. Viticulture, Arboriculture, Horticulture 22(6): 441-446.

Ergun N., Topcuoglu F., Yildiz A., (2002). Auxin (Indol 3- acetic acid). Gibberellic acid (GA₃) Absciscic acid (ABA) and citokynin (Zeatin) Production by some species of Mosses and Lichens. Turk Journal Botany (26) 13 – 18

FAO (United Nations of food Agricultural Organization). (2012). http://faostat3.fao.org/home/index_es.html?locale=es#DOWNLOAD. Consultada en 2017

Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola. (2013). Programa de Transformación Productiva; Asociación Hortifrutícola de Colombia, Asohfrucol; Plan de negocios de aguacate. Recuperado en septiembre 5 de 2016: https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-age/files/plan_de_negocio.pdf

Gómez-Cruz, G. (1995). La micorriza vesículo arbuscular en frutales. In: R. Ferrera Cerrato, R. y J. Pérez-Moreno (eds.). Agromicrobiología, elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México. pp. 184 -199

González - Chávez, C. (1995). Interacción de la simbiosis endomicorrízica y la fijación biológica de nitrógeno. In: R. Ferrera-Cerrato, R. y J. Pérez-Moreno (eds.). Agromicrobiología, elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México. pp. 166-183.

Guerrero, E. "Micorrizas Recurso Biológico del Suelo" Fondo Fen. Bogotá, Colombia, pp.6-50.1996

Hasan H.A.H. (2002). Gibberellin and Auxin Production by plant Root-Fungy and their Biosynthesis Under Salinity – Calcium Interaction. Rostlinna Vyroba. (3) 101 – 106.

Hetrick, B.A.D. (1991). Mycorrhizas and root architecture. Experiencia 47: 355-362

Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo del aguacate Hass (Persea americana Mill). Medidas para la temporada invernal.

Janzen R. A., Rood S. B., Dormaar J.F., McGill W. B. (1992). Azospirillum brasilense Produces Gibberellin in pure culture on Chemically Definid Medium and in Co-Culture on Straw. Soil Biology and Biochemistry (24) 1061 - 1064

Kader, M.A., Mian, M.H., Hoque, M.S. (2002). "effects of Azotobacter inoculan ton the yield nitrogen uptake by wheat". J. Biol. Sci. 2 (4): 259-261.

Malavolta, E. (19859. Absorção e transporte de íons e nutrição mineral. In: Ferri, MG, Fisiología Vegetal 1. EPU, São Paulo, Brasil, pp 77-97.

Menge, J. A.; LaRue, J.; Labanauskas, C.K. and Johnson (1980), E. L. The Effect of two mycorrhizal fungi upon growth and nutrition of avocado seedings grown with six fertilizer treatments. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 (3): 400-404,

Melo, Y.P. (2011) Respuesta de la inoculación de micorrizas en plántulas de aguacate Persea americana Mill. variedad Hass en diferentes sustratos. Tesis Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Palmira.

Montañez, B.I. (2009) Efecto de la micorrización en plantas de aguacate (Persea americana L.) durante la fase de vivero en suelos provenientes de los Llanos Orientales. Tesis Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Montoya, B. (2007) Determinación de la dependencia micorrizal del aguacate. Tesis Magister en Geomorfología y Suelos. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

Malonek S, C Bomke, E Bornberg-Bauer, Mc Rojas, P Hedden, P Hopkins & B Tudzynski. (2005). Distribution of gibberellin biosynthetic genes and gibberellin production in the Gibberella fujikuroi species complex. Phytochemistry 66: 1296-1311

Phillips A. L. (1998). Gibberellins in Arabidopsis. *Plant Physiology Biochemistry* 36(1-2), 115-124.

Punita, S. J., Reddy, M.A. y Das, H.K. (1989). "multiple chromosomes of *Azotobacter vinelandii*", *J. Bacteriol.* 171: 3133-3138.

Purves W., Sadava D., Orians G., Heller C. (2002). *Vida la ciencia de la vida*. Sexta edición. Editorial panamericana. New york. Pp 1133

Montenegro S., Ararat, M., Betancur, J. (2015). Cachaza y carbonilla: residuos agroindustriales con potencial de fertilización biológica nitrogenada. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 83 - 89, mar. ISSN 2145-6453. Disponible en: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1265/1601>

Novo B. (1993) Microbiología del suelo y biofertilización. En: *Fundases. Memorias de la Fundación de Asesorías para el Sector Rural*. Santa fe de Bogotá: Fundases; p. 101.

Olalde, P.V. (1997). Fisiología de plantas micorrizadas. p. 51. In: *Memorias del VI Congreso Nacional de Micología/IX Jornadas Científicas*. Tapachula, Chiapas.

Pasqualini, D., Uhlmann, A., Stürmer, S. (2007) Arbuscular mycorrhizal fungal communities influence growth and phosphorus concentration of woody plants species from the Atlantic rain forest in South Brazil. *Forest Ecology and Management* 245 148-155

Pedrotti E., Voltolini. J.; (2001). Enraizamento ex vitro e aclimatização do portaenxerto de macieira M.9. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal–SP, 23:234– 239.

Phillips J. (1975). Apical dominance. *Annual Review of Plant Physiology* 6:341367

Purves W. Orians G. Heller H & Sadava D. (1997). *Life. The Science of biology*. Fifth Edition. Sinauer Associates, Inc.

Rallo Romero, L. y Fernández-Escobar, R. (Coord.), (1999). *Diccionario de Ciencias Hortícolas*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid

Ríos, C. Danilo; Corrales, M. Diego; Daza, G. Gerardo; Aristizábal, G. Alfonso. (2005). *Aguacate variedades y patrones importantes para Colombia*. Candelaria Valle. 221 p.

Sánchez De Prager Marina. (2003). Actividad biológica en la rizósfera del maracuyá (*pasiflora edulis* var. *Flavicarpa*) en diferentes sistemas de manejo, estados de

desarrollo y condiciones fitosanitarias. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. Tesis Doctoral. 261 P.

Salisbury F. (1994). Fisiología vegetal. Editorial Iberoamericana. México. Pp 759

Siqueira, J. O., M. R. LAMBAIS, S. L. STÜRMER. (2002). Fungos micorrízicos arbusculares. Biotecnología, pp.12-21.

Srivastava A., Ahmad S. 2003. Screening of Potentials Gibberellin Producing Fusarium Strains for The Hybrid Rice Production. Food, Agriculture & Environmental (1) 250-253.

Tisdale, M. J. (2005). Signalling pathways in the induction of proteasome expression by proicolysis-inducing factor in murine myotubes. 17, 67-75.

Unyayar S. T.. y Unyayar A. (1996). A Modified Method for Extraction and Identification of Indole – 3- Acetic Acid (IAA), Gibberellic Acid (GA3), Absciscic Acid (ABA) and Zeatin produced by Phanerochate chrysosporium. Bulgarian Journal Plant Physiology (22) 105 - 110

Vargas P., Cernera-Cerrato R., Almaraz – Suarez J.J., Alcantar González G. (2001). Inoculation of plant Growth – Promoting Bacteria in Lettuce. Instituto de recursos naturales, colegio de Postgraduados (19) 327-335.

Velásquez, J.A. (2009). Identificación del aguacate como un rubro importante de grandes oportunidades comerciales, según los acuerdos de integración, los nuevos tratados comerciales y el comercio mundial globalizado. Secretaría de Productividad y Competitividad. Gobernación de Antioquia. En: Página Web Gobernación de Antioquia, http://www.gobant.gov.co/organismos/scompetividad/doc_estudios/elaguacatecomounrubroimportantedegrandesoportunidadesco/presentacioncongresoaguacate.pdf.

Wang T., Jiang X., Chen G., Xu J. (2015). Interaction of amyotrophic lateral sclerosis/frontotemporal lobar degeneration-associated fused-in-sarcoma with proteins involved in metabolic and protein degradation pathways. Neurobiol. Aging 36, 527–535. 10.1016/j.neurobiolaging.2014.07.044 [PubMed] [Cross Ref]

Anexo

Anexo 1. Análisis de tejido foliar

Niveles nutricionales en las hojas de aguacate. Chapman, (1973)

nutriente	Deficiente	Adecuado	Excesivo
Macronutrientes %			
Nitrógeno	<1.60	1.60-2.00	>2.00
Fosforo	<0.05	0.08-0.25	>0.30
Potasio	<0.35	0.75-2.00	>3.00
Calcio	<0.50	1.00-3.00	>4.00
Magnesio	<0.15	0.25-0.80	>1.00
azufre	<0.05	0.20-0.60	>1.00
Micronutrientes (ppm)			
Boro	<50	50-100	>100
Cobre	<5	5-50	>50
Hierro	<50	50-200	-
Manganeso	<30	30-200	>500
Molibdeno	<0.05	0.50-1.0	-
Cinc	<30	30-150	>300